

БИОДОБАВКИ ИЗ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ДЛЯ СМЕСЕВОГО ТОПЛИВА ДИЗЕЛЕЙ ТРАКТОРОВ

**С. А. Нагорнов¹, А. Н. Зазуля¹, Ю. В. Мещерякова¹,
И. Г. Голубев²**

*¹Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве
(г. Тамбов, Российская Федерация)*

*²ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению АПК»
(п. Правдинский, Московская область, Российская Федерация)*

***Аннотация:** Обосновано использование микроводорослей для производства биодобавок для смешанного топлива. Приведены сравнительные характеристики их биохимического состава. Установлено, что состав липидов микроводорослей сходен с составом растительных масел. Выявлено, что у биодобавок плотность, вязкость и цетановое число выше, а содержание серы ниже, чем у товарного дизельного топлива. При испытании тракторов увеличение содержания биодобавок из микроводорослей в смешанном моторном топливе снижает дымность и токсичность отработавших газов дизелей.*

***Ключевые слова:** тракторы; дизели; смешанное топливо; биосырье; биодобавки; микроводоросли.*

BIOADDITIVES FROM MICROALGAE FOR MIXED FUEL OF DIESEL ENGINES TRACTORS

**S. A. Nagornov^a, A. N. Zazulya^a, Yu. V. Mescheryakova^a,
I. G. Golubev^b**

*^aAll-Russian Scientific Research Institute for the Use of Technology and Oil Products in Agriculture
(Tambov, Russian Federation)*

*^bRussian Scientific Research Institute of Information and Technical and Economic Research on Engineering and Technical Support of the Agro-Industrial Complex
(Pravdinsky settlement, Moscow Region, Russian Federation)*

Abstract: *The use of microalgae for the production of bioadditives for mixed fuel is justified. Comparative characteristics of their biochemical composition are given. It was found that the composition of microalgae lipids is similar to that of vegetable oils. It was found that the density, viscosity and cetane number of bioadditives are higher, and the sulfur content is lower than that of commercial diesel fuel. When testing tractors, an increase in the content of microalgae supplements in mixed motor fuel reduces the smokiness and toxicity of diesel exhaust gases.*

Keywords: *tractors; diesel engines; mixed fuel; bio-raw materials; bio-additives; microalgae.*

Сельскохозяйственное производство является одним из основных потребителей дизельного топлива. Только в 2019 году в сельскохозяйственные организации поступило свыше 4223 тыс. т дизельного топлива. Динамика объемов поставок дизельного топлива сельскохозяйственным организациям Российской Федерации показана в таблице 1 [1, с. 93].

Таблица 1 – Поставлено дизельного топлива сельскохозяйственным организациям Российской Федерации, тыс. т

№ пп	Наименование	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
1	Всего, в том числе	4258,4	4287,5	4306,5	4223
2	Центральный федеральный округ	816,4	827,7	860,9	828,7
3	Северо-Западный федеральный округ	111,1	112,3	116,3	102,2
4	Южный федеральный округ	843,3	845,3	857,5	830,7

В настоящее время проводятся исследования по замене топлив нефтяного происхождения альтернативными, в том числе биоминеральным. Перспективным источником тепловой энергии, используемой в дизелях автотракторной техники, является биоминеральное топливо, получаемое смешиванием растительного масла и товарного минерального дизельного топлива (ДТ). В качестве биоконпонента такого смесового топлива наиболее широко используются рапс, ятрофа, соя, мадук, касторовое, пальмовое, подсолнечное, горчичное, рыжиковое и другие масла. Особенности и эффективность, в том числе экологические показатели, их применения в смесовом дизельном топливе для тракторов подробно нами рассмотрены в работах [2, 3, 4, 5, 6]. Наиболее пер-

спективным направлением замещения светлых нефтепродуктов биотопливом является переработка фитомассы микроводорослей [7, 8]. Однако в литературе не оценена перспективность многих видов микроводорослей в качестве источников ценных триацилглицеринов, используемых при производстве биотоплива. Нами проведено обоснование видов пресноводных микроводорослей для производства биотоплива. Экспериментальные исследования выполнялись с использованием методов культивирования микроводоросли с требуемым химическим составом биомассы, извлечения из нее липидной фракции, тонкого органического синтеза, квантово-химических расчетов в программе HgiperChem 7, исследования качества топлива. Результаты экспериментов обрабатывались методами математической статистики, с применением пакета прикладных программ MicrosoftExcel, Mathcad и др.

В результате исследований установлена возможность использования адаптивных свойств микроводорослей для целенаправленного управления продуктивностью и химическим составом фитомассы биотопливного назначения. Выявлено, что эффективность преобразования солнечной радиации в фитомассу у большинства микроводорослей достаточно высокая, несмотря на то, что они используют менее 10 % поступающей солнечной энергии. Фотосинтез фитомассы происходит в форме целого комплекса биохимических процессов образования органического вещества из углекислого газа и воды под действием света, в котором роль приемника электромагнитной энергии играют фотосинтетические пигменты, относящиеся по своему химическому строению к сложным магнийорганическим внутрикомплексным соединениям.

Таким образом, культивирование и переработка фитомассы микроводорослей биотопливного назначения относится к наиболее перспективным биотехнологическим направлениям. Биосырье данного класса многократно превосходит традиционные культуры по продуктивности фитомассы. Проведенный анализ полученных данных установил сходство свойств триацилглицеринов высших алифатических кислот микроводорослей и растительных масел. Этот факт свидетельствует о возможности использования липидов микроводорослей в качестве исходного сырья для синтеза биодобавки к смесевому моторному топливу. До-

казано, что состав липидов микроводорослей сходен с аналогичным составом растительных масел. Выявлено, что у биодобавок плотность, вязкость и цетановое число выше, а содержание серы ниже, чем у дизельного топлива. При испытании тракторов экспериментально получено существенное снижение дымности и токсичности отработавших газов дизелей при увеличении содержания биодобавок из микроводорослей в смесевом моторном топливе. Полученные результаты обуславливают перспективность широкого применения такого смесевого моторного топлива в дизельных двигателях тракторов сельскохозяйственного назначения [7, 8].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агропромышленный комплекс России в 2019 году. Сборник на основе данных Росстата и Минсельхоза России. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 562 с.
2. Использование биологических добавок в дизельное топливо / В. Ф. Федоренко, Д. С. Буклагин, С. А. Нагорнов, А. Н. Зазуля, И. Г. Голубев. М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2007. 50 с.
3. Результаты испытаний и перспективы эксплуатации дизелей на биотопливе / В. Ф. Федоренко, Д. С. Буклагин, С. А. Нагорнов, А. Н. Зазуля, И. Г. Голубев, А. П. Ликсутина. М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2008. 133 с.
4. Инновационные технологии производства биотоплива второго поколения / В. Ф. Федоренко, Д. С. Буклагин, А. Н. Зазуля, С. А. Нагорнов, И. Г. Голубев, Л. Ю. Коноваленко. М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2009. 68 с.
5. Сравнительный анализ технологий получения биотоплива для дизельных двигателей / А. Н. Зазуля, С. А. Нагорнов, С. В. Романцова, В. Ф. Федоренко, Д. С. Буклагин, И. Г. Голубев. М. : Росинформагротех, 2013. 94 с.
6. Тенденции развития технологий производства биодизельного топлива / С. А. Нагорнов, А. Н. Зазуля, Ю. В. Мещерякова, В. Ф. Федоренко, И. Г. Голубев. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. 172 с.
7. Нагорнов С. А., Корнев А. Ю., Мещерякова Ю. В. Основные этапы получения биодизельного топлива из микроводорослей // В сб.: Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства – Сборник научных докладов XVIII Международной научно-практической конференции, 23-24 сентября 2015 года, г. Тамбов. Тамбов : Изд-во Першина Р. В. 2015. С. 243-246.
8. Использование микроводорослей в качестве сырья для получения биодизельного топлива / С. А. Нагорнов, А. Н. Зазуля, Ю. В. Мещерякова,

И. Г. Голубев // В сб.: Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК – материалы XI Международной научно-практической интернет конференции. 2019. С. 437-440.

REFERENCES

1. Agropromy`shlenny`j kompleks Rossii v 2019 godu [Agro-industrial complex of Russia in 2019]. Moscow, Rosinformagrotex, 2020, 562 p.

2. Fedorenko V. F., Buklagin D. S., Nagornov S. A., Zazulya A. N., Golubev I. G. Ispol`zovanie biologicheskix dobavok v dizel`noe toplivo [Use of biological additives in diesel fuel]. Moscow, Rosinformagrotex, 2007, 50 p.

3. Fedorenko V. F., Buklagin D. S., Nagornov S. A., Zazulya A. N., Golubev I. G., Liksutina A. P. Rezul`taty` ispy`taniy i perspektivy` e`kspluatacii dizelej na biotoplive [Results of tests and prospects of operation of diesel engines on biofuels]. Moscow, Rosinformagrotex, 2008, 133 p.

4. Fedorenko V. F., Buklagin D. S., Zazulya A. N., Nagornov S. A., Golubev I. G., Konovalenko L. Yu. Innovacionny`e texnologii proizvodstva biotopliva vtorogo pokoleniya [Innovative technologies for second-generation biofuels]. Moscow, Rosinformagrotex, 2009, 68 p.

5. Zazulya A. N., Nagornov S. A., Romanczova S. V., Fedorenko V. F., Buklagin D. S., Golubev I. G. Sravnitel`ny`j analiz texnologij polucheniya biotopliva dlya dizel`ny`x dvigatelej [Comparative analysis of biofuel production technologies for diesel engines]. Moscow, Rosinformagrotex, 2013, 94 p.

6. Nagornov S. A., Zazulya A. N., Meshheryakova Yu. V., Fedorenko V. F., Golubev I. G. Tendencii razvitiya texnologij proizvodstva biodizel`nogo topliva [Trends in the development of technology for the production of bio-diesel fuel]. Moscow, Rosinformagrotex, 2017, 172 p.

7. Nagornov S. A., Kornev A. Yu., Meshheryakova Yu. V. Osnovny`e e`tapy` polucheniya biodizel`nogo topliva iz mikrovdoroslej [The main stages of obtaining biodiesel fuel from micro-growths]. *Povy`shenie e`ffektivnosti ispol`zovaniya resursov pri proizvodstve sel`skoxozyajstvennoj produkcii – novy`e texnologii i texnika novogo pokoleniya dlya rastenievodstva i zhivotnovodstva*, Tambov, Pershina R.V., 2015, pp. 243-246.

8. Nagornov S. A., Zazulya A. N., Meshheryakova Yu. V., Golubev I. G. Ispol`zovanie mikrovdoroslej v kachestve sy`r`ya dlya polucheniya biodizel`nogo topliva [The use of microalgae as raw material for the production of biodiesel fuel]. *Nauchno-informacionnoe obespechenie innovacionnogo razvitiya APK*, 2019, pp. 437-440.

Об авторах:

Нагорнов Станислав Александрович, главный научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использова-

ния техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве» (392022, Россия, город Тамбов, переулок Ново-Рубежный, 28), доктор технических наук, профессор, snagornov@yandex.ru.

Зазуля Александр Николаевич, главный научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве» (392022, Россия, город Тамбов, переулок Ново-Рубежный, 28), доктор технических наук, профессор, viitin-adm@mail.ru.

Мещерякова Юлия Владимировна, старший научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве» (392022, Россия, город Тамбов, переулок Ново-Рубежный, 28), кандидат технических наук, viitin-adm@mail.ru.

Голубев Иван Григорьевич, заведующий отделом, главный научный сотрудник отдела научно-информационного обеспечения инновационного развития АПК Российского научно-исследовательского института информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса (141261, Московская область, Пушкинский р-н, р. п. Правдинский, ул. Лесная, д. 60), доктор технических наук, профессор, golubev@rosinformagrotech.ru.

About the authors:

Stanislav A. Nagornov, Chief Research Officer, All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture (392022 Russia, Tambov, Novo-Rubezhny Lane, 28), D.Sc. (Engineering), professor, snagornov@yandex.ru.

Aleksandr N. Zazulia, Chief Research Officer, All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture (392022 Russia, Tambov, Novo-Rubezhny Lane, 28), D.Sc. (Engineering), professor, viitin-adm@mail.ru.

Yuliia V. Meshcheriakova, senior researcher, All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture (392022 Russia, Tambov, Novo-Rubezhny Lane, 28), Cand.Sc. (Engineering).

Ivan G. Golubev, Head of Department, Chief Researcher of the Department of Scientific and Information Support of Innovative Development of Agro-Industrial Complex Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Research on the Engineering and Technical Support of the Agro-Industrial Complex (141261, Moscow region, Pushkin district, Pravdinsky, st. Lesnaya, house 60), D.Sc. (Engineering), Professor, golubev@rosinformagrotech.ru.